

## SCALE UP DAN UJI TEKNIS ALAT PENGERING TIPE *FLUIDIZED BED*

*Scale Up and Technical Test of Fluidized Bed Dryer*

Suryadi<sup>1</sup>, Sukmawaty<sup>1,\*</sup>), Guyup Mahardhian Dwi Putra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian di Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri

Universitas Mataram

Email<sup>\*)</sup>: sukumawaty14@yahoo.com

Diterima: 6 Juni 2017

Disetujui: 13 Agustus 2017

### ABSTRACT

*The available Fluidized Bed dryer has low drying capacity so it is necessary to increase the dimensions to improve the drying capacity. This study aimed to increased the dimensions of the Fluidized Bed dryer, to determined the drying capacity, and to conducted technical tests. This research was conducted at Power and Agriculture Machinery, Faculty of Food and Agroindustrial Technology, University of Mataram. The method used in this research was experimental method with mathematical approach. The parameters used in this study was the scale parameter and technical test parameters. Scale Up Fluidized Bed dryer was done in the drying chamber which includes the dimensions of the drying chamber and drying capacity. Technical testing included air flow velocity, the minimum fluidization velocity, temperature, drying time and space dryer efficiency. The drying chamber is a cylinder with a diameter of 40 cm, height 200 cm and 0.1256 m<sup>2</sup> area of the base. The capacity of the Fluidized Bed dryer before Scale Up was 4 kg and the capacity after Scale Up was 8 kg. The speed of air flow through the drying chamber was 3 m/s. The distribution of temperature during the drying process ranges between 40-50 °C and 50-60 °C According to the research, the more the masses drained, the longer the time required to dry the material. The efficiency of the drying chamber mostly present in the temperature range of 50-60 °C with a value of 94.04%.*

**Keywords:** *fluidized bed, scale up, technical test*

### ABSTRAK

Alat pengering *Fluidized Bed* yang tersedia memiliki kapasitas pengeringan yang rendah sehingga diperlukan peningkatan ukuran dimensi alat untuk meningkatkan kapasitas pengeringan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan ukuran dimensi alat pengering *Fluidized Bed*, menentukan kapasitas pengeringan dan melakukan uji teknis. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan pendekatan matematis. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah parameter *Scale Up* dan parameter uji teknis. *Scale Up* alat pengering *Fluidized Bed* dilakukan pada bagian ruang pengering yang meliputi dimensi ruang pengering dan kapasitas pengeringan. Uji teknis meliputi kecepatan aliran udara, kecepatan minimum fluidisasi, suhu, waktu pengeringan, dan efisiensi ruang pengering. Ruang pengering berbentuk silinder dengan diameter 40 cm, tinggi 200 cm, dan luas alas 0,1256 m<sup>2</sup>. Kapasitas alat pengering *Fluidized Bed* sebelum *Scale Up* adalah 4 kg dan

kapasitas setelah *Scale Up* sebesar 8 kg. Kecepatan aliran udara yang melewati ruang pengering adalah 3 m/s. Sebaran suhu selama proses pengeringan berkisar antara 40-50°C dan 50-60°C. Berdasarkan hasil penelitian semakin banyak massa yang dikeringkan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan tersebut. Efisiensi ruang pengering yang paling besar terdapat pada kisaran suhu 50-60°C dengan nilai 94,04%.

**Kata kunci:** *fluidized bed, scale up, uji teknis*

## PENDAHULUAN

Proses pasca panen produk hasil pertanian, sering mengalami susut atau mengalami kerusakan sehingga nilai dari produk pertanian tersebut menjadi rendah. Salah satu varietas hasil pertanian yang sering mengalami kerusakan pasca panen adalah biji-bijian. Untuk mempertahankan mutu dan nilai produk pertanian telah banyak dikembangkan metode-metode untuk mempertahankan kualitas produk pertanian tersebut, salah satu cara yang paling sering digunakan adalah dengan metode pengeringan.

Masyarakat pada umumnya sering menggunakan proses pengeringan secara konvensional, akan tetapi seiring dengan berkembangnya pemikiran manusia, maka bermunculan pengeringan dengan menggunakan alat mekanis atau pengeringan buatan yang menggunakan tambahan panas untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pengeringan dengan penjemuran. Pengeringan secara mekanis menggunakan tambahan panas memberikan beberapa keuntungan diantaranya tidak tergantung cuaca, kapasitas pengering dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol (Taufiq, 2014).

Salah satu alat pengering buatan yang banyak dikembangkan adalah alat pengering dengan tipe *Fluidized Bed*. Prinsip kerja alat pengering *Fluidized Bed* adalah udara pengering dari ruang pemanas dengan bantuan *Blower* bergerak menuju ruang pengering melalui lubang-

lubang yang terdapat pada saringan yang mengalir melewati bahan yang dikeringkan dan melepaskan sebagian panasnya sehingga terjadi proses penguapan air dari bahan. Di dalam penggunaan alat pengering ini perlu diperhatikan pengaturan suhu, kecepatan aliran udara pengering, dan tebal tumpukan bahan yang dikeringkan sehingga hasil kering yang diharapkan dapat tercapai (Tanggasari, 2014).

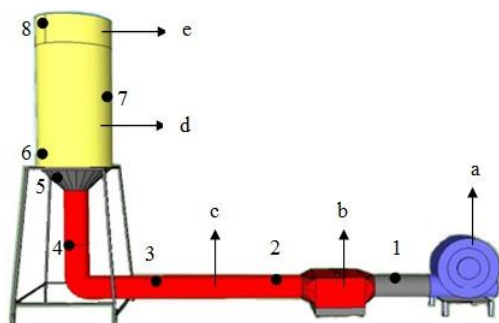
Kebutuhan alat pengering biji-bijian seperti *Fluidized Bed* sangat diperlukan oleh industri yang bergerak di bidang pengeringan. Akan tetapi penggunaan alat pengering tipe *Fluidized Bed* masih dilakukan hanya pada skala laboratorium saja. Kapasitas alat pengering *Fluidized Bed* yang sudah ada belum mampu mengeringkan bahan dengan jumlah yang lebih besar. Berdasarkan hasil penelitian Hendri (2015), pengeringan menggunakan alat *Fluidized Bed* yang telah ada sebelumnya hanya mampu mengeringkan jagung sebanyak 4 kg. Alat pengering *Fluidized Bed* idealnya mampu mengeringkan bahan sebanyak 3,5 kg dengan kecepatan aliran udara 7,02 m/s, namun minimumnya mampu mengeringkan bahan sebanyak 2,5 kg dengan kecepatan aliran udara 6,6 m/s; sehingga bahan yang ada dalam ruang pengering dapat mengambang dengan rata akibat hamparan angin yang masuk ke ruang pengering. Untuk memenuhi kebutuhan alat pengering dengan kapasitas pengeringan yang lebih besar maka alat pengering *Fluidized Bed* ini perlu ditingkatkan ukuran dan kapasitasnya.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk meningkatkan ukuran dan kapasitas alat pengering *Fluidized Bed* dengan judul “*Scale Up* dan Uji Teknis Alat Pengering Tipe *Fluidized Bed*”.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

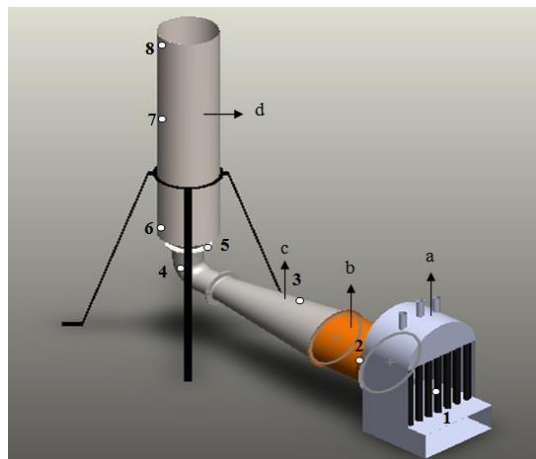
Penelitian ini dilakukan pada bulan September sampai November 2016 di fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: satu set alat pengering *Fluidized Bed*, *thermodigital*, *Grain Moisture meter*, timbangan digital, termometer bola basah bola kering, nampan, anemometer. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain jagung pipil dengan kadar air 20-22%, batok kelapa, cangkang kemiri, dan minyak tanah.



**Gambar 1.** Spesifikasi *Fluidized Bed* Sebelum *Scale Up*

Keterangan:

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| a. Blower              | 1. Suhu Blower             |
| b. Heater              | 2. Suhu Heater             |
| c. Plenum              | 3. Suhu Plenum             |
| d. Bed/ruang pengering | 4. Suhu ke Ruang Pengering |
| e. Penutup             | 5. Suhu Bawah Saringan     |
|                        | 6. Suhu bawah bahan        |
|                        | 7. Suhu Atas Bahan         |
|                        | 8. Suhu Outlet             |



**Gambar 2.** Titik Pengukuran pada *Fluidized Bed* Setelah *Scale Up*

Keterangan:

- |                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| a. Heater          | 1. Suhu Heat Exchanger         |
| b. Exhaust Fan     | 2. Suhu Exhaust Fan            |
| c. Plenum          | 3. Suhu Plenum                 |
| d. Ruang Pengering | 4. Suhu Elbow Pengering        |
|                    | 5. Suhu Masuk Ruang Pengering  |
|                    | 6. Suhu Bawah Ruang Pengering  |
|                    | 7. Suhu Tengah Ruang Pengering |
|                    | 8. Suhu Outlet                 |

Tahapan penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu *Scale Up* dan uji teknis alat pengering *Fluidized Bed*. Secara struktural bagian yang akan dilakukan *Scale Up* adalah bagian ruang pengering. Parameter *Scale Up* ruang pengering terdiri dari diameter ruang pengering, tinggi ruang pengering, luas alas ruang pengering, volume total ruang pengering, dan kapasitas ruang pengering. sedangkan parameter uji teknis terdiri dari kecepatan aliran udara, kecepatan minimum fluidisasi, suhu, waktu pengeringan, dan efisiensi ruang pengering.

Prosedur *Scale Up* pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan pengumpulan data spesifikasi alat pengering *Fluidized Bed* sebelumnya, penentuan bagian-bagian yang di *Scale Up* (ruang pengering), perhitungan tingkat pembesaran dan pabrikan alat. Sedangkan prosedur uji teknis dimulai dari tahapan

persiapan alat pengering *Fluidized Bed*, persiapan bahan berupa jagung pipil dengan kadar air 20-22%, persiapan bahan bakar berupa batok kelapa dan cangkang kemiri (perbandingan batok kelapa dan cangkang kemiri 1:1,5 kg untuk kisaran suhu 40-50°C, dan perbandingan 1,5 : 2 kg untuk kisaran suhu 50-60°C). Selanjutnya jagung dimasukkan ke dalam ruang pengering dengan variabel massa 1, 2, 3, dan 4 kg, dilakukan proses pengeringan dan pengamatan sesuai dengan parameter, ditambahkan bahan bakar berupa campuran batok kelapa dan cangkang kemiri sedikit demi sedikit untuk menjaga kisaran suhu, pengambilan data dilakukan setiap 10 menit, dan prosedur tersebut diulangi untuk variabel massa dan suhu yang berbeda.

Penentuan parameter *Scale Up* dihitung berdasarkan beberapa persamaan antara lain:

- Luas alas ruang pengering  
 $A = \pi r^2$  ..... 1)  
 Dimana:  
 $A$  = Luas Alas Ruang Pengering ( $m^2$ )  
 $r$  = Jari-Jari Ruang Pengering (m)
- Volume total ruang pengering  
 $V = \pi r^2 t$  ..... 2)  
 Dimana:  
 $V$  = Volume ruang pengering ( $m^3$ )  
 $t$  = tinggi tabung (m)  
 $r$  = jari-jari (m)
- Kapasitas ruang pengering  
 $\rho = \frac{m}{v}$  ..... 3)  
 Dimana:  
 $\rho$  = Massa Jenis Bahan ( $kg/m^3$ )  
 $m$  = Massa Bahan (kg)  
 $V$  = Volume Ruang Pengering ( $m^3$ )

Perhitungan uji teknis terdiri dari beberapa variabel, yaitu:

- Kecepatan aliran udara  
 $Q = A \cdot v$  ..... 4)  
 Dimana:  
 $Q$  = Debit Aliran Udara ( $m^3/s$ )

$A$  = Luas Penampang/Luas Alas tabung ruang pengering ( $m^2$ )

$v$  = Kecepatan aliran udara (m/s)

- Kecepatan minimum fluidisasi

$$U_{mf} = \frac{\mu \{[(25,25)^2 + 0,0651 \cdot Ar]^{\frac{1}{2}} - 25,25\}}{d_p \cdot \rho_g} \dots 5$$

Dimana:

$U_{mf}$  = Kecepatan Minimum Fluidisasi (m/s)

$Ar$  = Bilangan Archimedes

$d_p$  = Diameter Partikel (m)

$\rho_g$  = Massa Jenis Udara ( $kg/m^3$ )

$$Ar = \frac{g \cdot (d_p)^3 \cdot (\rho_g) \cdot (\rho_p - \rho_g)}{(\mu)^2} \dots \dots \dots 6$$

Dimana:

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $9,8 m/s^2$ )

$d_p$  = Diameter Partikel (m)

$\rho_g$  = Massa Jenis Udara ( $kg/m^3$ )

$\rho_p$  = Massa Jenis Partikel ( $kg/m^3$ )

$\mu$  = Viskositas Udara ( $1,095 kg/m^2$ )

- Suhu dan waktu pengeringan
- Efisiensi ruang pengering

$$\eta = \frac{E_{\text{berguna}} + E_{ST}}{E_{IN}} \times 100\% \dots \dots \dots 7$$

Dimana:

$\eta$  = Efisiensi Ruang pengering (%)

$E_{ST}$  = Energi Tersimpan (kJ)

$E_{IN}$  = Energi Masuk (kJ)

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan percobaan laboratorium. Data hasil pengamatan akan dianalisis menggunakan pendekatan matematis untuk menyelesaikan model perhitungan matematik yang telah dibuat dengan menggunakan program komputer *Microsoft Excel*.

## HASIL & PEMBAHASAN

### *Scale Up* Alat pengering *Fluidized Bed*

*Fluidized Bed* adalah proses pengeringan dengan memanfaatkan aliran udara panas dengan kecepatan tertentu

yang dilewatkan menembus hamparan bahan sehingga hamparan bahan tersebut memiliki sifat seperti fluida, Kunii (1977). Jumlah bahan yang dapat dikeringkan menggunakan alat pengering *Fluidized Bed* ini sangat tergantung pada ukuran alat pengering baik secara geometris dan dinamis. Peningkatan ukuran dimensi *Fluidized Bed* dapat meningkatkan kapasitas bahan yang dapat dikeringkan.

### Spesifikasi Alat Pengering *Fluidized Bed* Setelah *Scale Up*



**Gambar 3.** Alat Pengering *Fluidized Bed* setelah *Scale Up*

Peningkatan ukuran dimensi alat pengering *Fluidized Bed* bertujuan untuk meningkatkan kapasitas bahan yang dapat dikeringkan. Peningkatan ukuran dimensi pada *Fluidized Bed* diharapkan dapat meningkatkan kapasitas bahan yang dikeringkan menjadi dua kali lipat dari jumlah bahan yang dapat dikeringkan pada *Fluidized Bed* sebelumnya.

Adapun penentuan dimensi ruang pengering *Fluidized Bed* ini berpatokan pada spesifikasi ruang pengering *Fluidized Bed* yang sebelumnya dan spesifikasi *Blower* yang tersedia. Ruang pengering ini terbuat dari bahan *stainless steel* dengan ketebalan 0,8 mm yang dilengkapi dengan penutup pada bagian atasnya. Pemilihan bahan berupa *stainless* memiliki bobot yang tidak terlalu berat sehingga memudahkan operator untuk mengangkat ruang pengering ketika dilakukan pengeluaran bahan yang sudah dikeringkan.

**Tabel 1.** Struktural Ruang Pengering Sebelum dan Setelah *Scale Up*

	Sebelum <i>Scale Up</i>	Setelah <i>Scale Up</i>
Material	Stainless	Stainless
Bahan	Steel	Steel
Bentuk	Silinder	Silinder
Tinggi	80 cm	200 cm
Diameter	25 cm	40 cm
Jari-jari	12,5 cm	20 cm
Tebal	0,8 mm	0,8 mm
Kapasitas	4 kg	4 kg

Selain itu, bagian ruang pengering juga dilengkapi dengan pegangan untuk memudahkan kerja operator. Di bagian dinding ruang pengering dilengkapi dengan kaca transparan yang digunakan untuk memantau bahan yang ada di dalam ruang pengering dan terdapat lubang-lubang di dinding ruang pengering untuk memasukkan termokopel untuk keperluan pemantauan suhu selama proses pengeringan.

#### 1. Luas alas ruang pengering

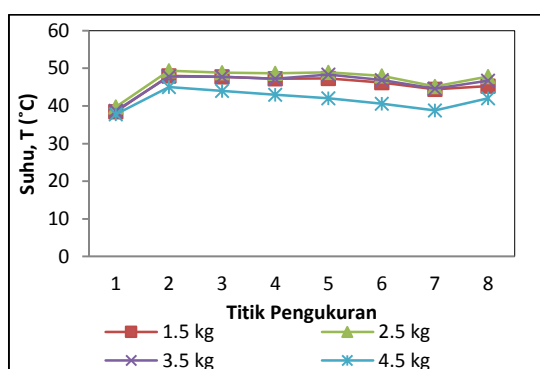
Penentuan luas alas ruang pengering didasarkan pada kecepatan aliran udara yang melewati ruang pengering. Jumlah massa yang ditargetkan pada *Fluidized Bed* ini adalah dua kali lipat massa yang sebelumnya. Untuk mendapatkan kecepatan aliran udara yang diinginkan maka luas alas ruang pengering ditentukan dengan menggunakan persamaan luas alas tabung sehingga didapatkan hasil sebesar 0,1256 m<sup>2</sup>.

#### 2. Volume Total Ruang Pengering

Volume total ruang pengering ditentukan berdasarkan persamaan volume tabung. Berdasarkan hasil perhitungan volume total ruang pengering dengan tinggi ruang pengering 200 cm dan diameter 40 cm adalah 0,2512 m<sup>3</sup>.

## Uji Teknis Alat Pengering *Fluidized Bed* Suhu

Berdasarkan gambar grafik (Gambar 4) dapat dilihat bahwa sebaran suhu yang terjadi hampir seragam yaitu pada kisaran suhu 40-50°C. Sebaran suhu tersebut didapatkan dari hasil penelitian pendahuluan yang telah dilakukan pada *Fluidized Bed* sebelum *Scale Up*. Pada grafik (Gambar 4) terlihat bahwa titik pengukuran 1 memiliki suhu yang lebih rendah, hal ini dikarenakan posisi titik pengukuran nomor 1 diletakkan setelah *Blower* dan belum melewati *Heater*. Sedangkan titik pengukuran nomor 2 terlihat lebih tinggi karena titik pengukuran nomor 2 diletakkan setelah melewati *Heater*.

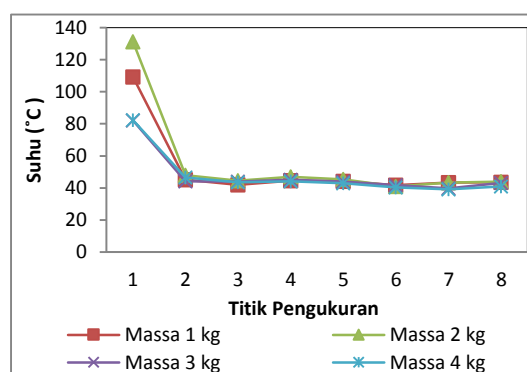


**Gambar 4.** Grafik Sebaran Suhu pada *Fluidized Bed* sebelum *Scale Up*

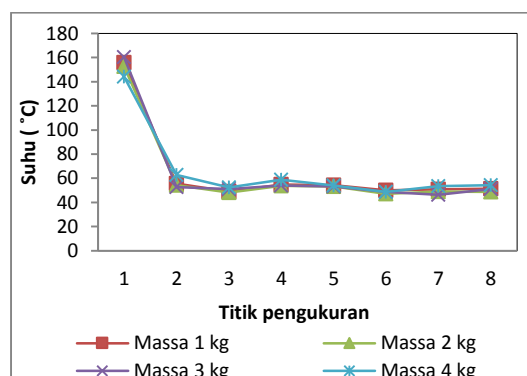
Berdasarkan gambar grafik (Gambar 5-6) menunjukkan sebaran suhu yang terjadi pada *Fluidized Bed* setelah *Scale Up*. Pada grafik (Gambar 4) titik 1 merupakan suhu *Blower* sehingga suhu pada titik tersebut rendah. Sedangkan pada grafik (Gambar 5-6) titik 1 merupakan titik pengukuran suhu *Heat Exchanger* sehingga memiliki suhu yang tinggi. Perbedaan letak pengukuran ini disebabkan karena desain posisi *Heater* dan *Blower* yang berbeda. *Fluidized Bed* sebelum *Scale Up* menghembuskan udara panas sedangkan setelah *Scale Up* menghisap panas dari *Heater*.

Pada titik pengukuran selanjutnya yaitu titik 2 hingga titik 8 pada alat sebelum *Scale Up* menunjukkan interval suhu yang berkisar antara suhu 40-50°C. Demikian juga pada alat setelah *Scale Up* pada interval suhu 40-50°C titik 2 hingga 8 memiliki kisaran suhu antara 40-50°C dan pada interval 50-60°C menunjukkan kisaran suhu 50-60°C pada titik 2 hingga 8.

Titik pengukuran suhu yang menjadi patokan adalah titik nomor 5 yang merupakan titik suhu inlet ruang pengering. Pada titik ini kondisi suhu dijaga pada kisaran suhu yang sudah ditentukan yaitu kisaran 40-50°C dan 50-60°C. Pada gambar grafik (Gambar 5), massa 2 kg memiliki suhu yang paling tinggi pada titik nomor satu yaitu 131.14°C sedangkan yang paling rendah terdapat pada massa 3 kg yaitu 82.17°C.



**Gambar 5.** Grafik sebaran suhu (°C) setelah *Scale Up* pada interval suhu 40-50°C



**Gambar 6.** Grafik sebaran suhu (°C) setelah *Scale Up* pada interval 50-60°C

Hal ini disebabkan karena pada suhu yang rendah api dari tungku pembakaran sudah mengalami penurunan akan tetapi



suhu pada titik acuan masih tetap pada kisaran yang ditentukan. Sedangkan untuk suhu yang tinggi disebabkan karena api dari tungku pembakaran masih tinggi pada saat pengambilan data.

Pada gambar grafik (Gambar 6) suhu pada titik pengukuran nomer 1 memiliki nilai yang relatif seragam yaitu massa 1, 2, 3, dan 4 kg secara berturut-turut adalah 155,81°C; 152,56°C; 160,44°C; dan 144,19°C.

Pada titik selanjutnya yaitu pada titik nomer 2 sampai 8 suhu mengalami penurunan yang drastis jika dibandingkan dengan suhu pada titik nomer 1. Hal ini disebabkan karena debit aliran udara panas yang dihisap oleh *exhaust fan* seragam sehingga suhu yang melewati *exhaust fan* juga seragam. Akan tetapi penurunan suhu ini tidak melewati kisaran suhu yang telah ditentukan yaitu kisaran suhu 40-50°C dan 50-60°C.

Pada titik pengukuran nomor 8 yang merupakan titik outlet, suhu mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan suhu pada ruang pengering. Suhu outlet yang lebih tinggi daripada suhu ruang pengering ini disebabkan karena panas yang ada di ruang pengering belum dimanfaatkan secara sempurna oleh bahan tapi dihembuskan keluar oleh *Blower*.

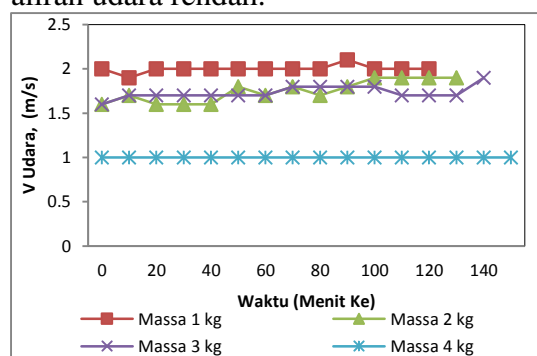
### Kecepatan Aliran Udara

Berdasarkan spesifikasi *Blower* pada *Fluidized Bed* setelah *Scale Up*, hasil perhitungan kecepatan aliran udara di ruang pengering dengan luas alas (A) 0,1256 m<sup>2</sup> adalah 14,04 m/s. Akan tetapi hasil perhitungan kecepatan aliran udara ini tidak sesuai dengan hasil yang terjadi di lapangan, kecepatan aliran udara yang melewati ruang pengering sebesar 3 m/s.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan hal tersebut antara lain, spesifikasi yang tertera pada *Blower* merupakan kinerja 100% dari alat akan tetapi alat tidak bekerja maksimal. Selain itu posisi *Blower* terletak antara *Heat*

*Exchanger* dan plenum sehingga udara yang dihisap *Blower* tidak maksimal karena terhalang pipa-pipa *Heat Exchanger* sehingga udara yang sampai di ruang pengering rendah.

Berdasarkan gambar grafik (Gambar 7) menunjukkan bahwa kecepatan aliran udara berbeda-beda pada setiap massa bahan yang dikeringkan. Kecepatan udara paling tinggi terlihat pada massa 1 kg yaitu antara 2-2,1 m/s. Sedangkan kecepatan udara terendah terjadi pada massa 4 kg. Hal ini disebabkan karena semakin banyak bahan yang dikeringkan maka aliran udara yang melewati hamparan bahan tersebut akan terhalang, sehingga menyebabkan aliran udara rendah.

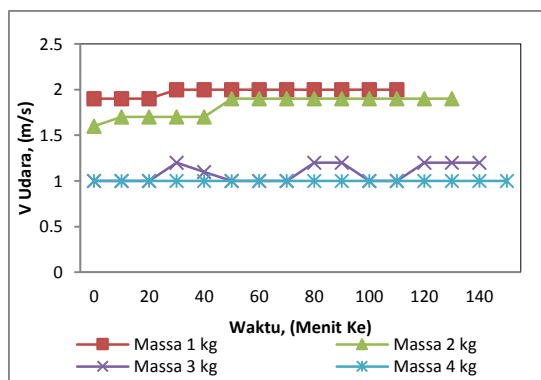


**Gambar 7.** Grafik kecepatan udara (v) pada interval suhu 40-50°C

Kecepatan aliran udara keluar sistem ini juga dipengaruhi oleh lamanya proses pengeringan, semakin lama proses pengeringan kecepatan aliran udara juga akan meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin lama proses pengeringan air yang terdapat di dalam bahan sudah teruapkan, sehingga bahan lebih mudah untuk mengalami fluidisasi dan udara lebih mudah melewati hamparan bahan tersebut.

Gambar grafik (Gambar 8) memperlihatkan kecepatan aliran udara tertinggi terjadi pada massa 1 kg, yaitu mencapai 2 m/s dan yang terendah terdapat pada massa 4 kg yaitu 1 m/s. Pada massa 3 kg, kecepatan aliran udara mengalami fluktuasi pada kisaran 1 hingga 1,2 m/s. Hal ini disebabkan karena pada saat pengambilan data penempatan

anemometer tidak selalu mendapatkan aliran udara yang tinggi. Prayitno (2001), menyatakan bahwa semakin tinggi aliran udara yang digunakan dalam pengeringan menggunakan *Fluidized Bed dryer*, maka kadar air dalam bahan akan cepat mengalami penurunan.



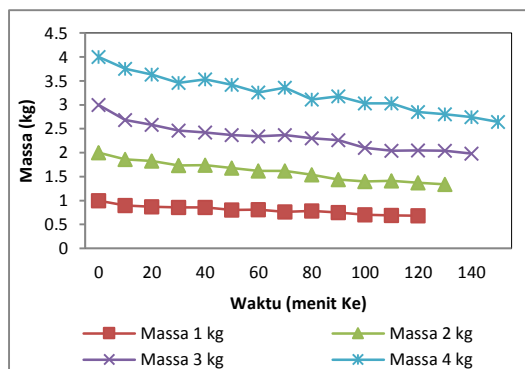
**Gambar 8.** Grafik kecepatan udara (v) pada interval suhu 50-60°C

Dalam proses pengeringan sistem fluidisasi, kecepatan minimum fluidisasi penting untuk diketahui sehingga kecepatan aliran udara yang dibutuhkan untuk dapat menciptakan prinsip fluidisasi dapat terjadi. Berdasarkan Ardani, dkk., (2013), yang dimaksud kecepatan minimum fluidisasi (dengan notasi  $U_{mf}$ ) adalah kecepatan superfisial fluida minimum dimana fluidisasi mulai terjadi.

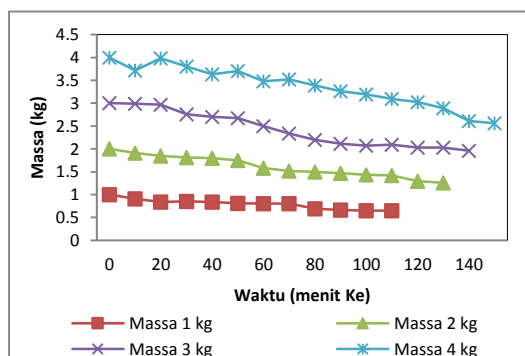
Untuk mengetahui kecepatan minimum fluidisasi adapun faktor yang menentukan antara lain massa jenis partikel, diameter partikel, massa jenis udara, viskositas udara dan Bilangan *Archimedes*. Berdasarkan hasil percobaan laboratorium untuk mengetahui massa jenis jagung didapatkan hasil sebesar 1164,03 kg/m<sup>3</sup>. Bilangan *Archimedes* sebesar 22.343.293,48. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan nilai fluidisasi minimum sebesar 4,3 m/s. Hal ini berarti bahwa untuk mendapatkan fluidisasi minimum dibutuhkan kecepatan aliran udara sebesar 4,3 m/s.

## Waktu Pengeringan

Berdasarkan gambar grafik (Gambar 9-10) menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengeringkan bahan hingga mencapai kadar air dibawah 14% bervariasi pada setiap massa yang dikeringkan. Pada massa 1 kg untuk kisaran suhu 40-50°C membutuhkan waktu 120 menit, sedangkan waktu yang paling lama terjadi pada massa 4 kg, yaitu membutuhkan waktu 150 menit.



**Gambar 9.** Grafik hubungan penurunan massa terhadap waktu pada interval suhu 40-50°C



**Gambar 10.** Grafik hubungan penurunan massa terhadap waktu pada interval 50-60°C

Hal ini disebabkan karena massa yang lebih besar mempunyai kadar air yang lebih besar sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menguapkan air dari dalam bahan tersebut. Hal yang sama terjadi pada perlakuan kisaran suhu 50-60°C yaitu massa 1 kg membutuhkan waktu yang paling singkat yaitu 110 menit, sedangkan massa 4 kg membutuhkan waktu yang paling lama yaitu 150 menit.



Berdasarkan gambar grafik (Gambar 9-10), untuk kisaran suhu yang berbeda, waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan pada masing-masing massa relatif sama. Tanggasari (2014), menjelaskan bahwa Semakin tinggi suhu udara, maka *relative humidity* (RH) akan makin rendah, sehingga kemampuan udara untuk menampung uap air akan makin tinggi. Semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara, maka laju perpindahan massa uap air dari bahan ke lingkungan akan makin cepat sehingga waktu pengeringan pun akan makin singkat. Hal ini disebabkan karena perbedaan kadar air awal bahan. Semakin tinggi kadar air bahan maka waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan tersebut semakin lama.

### Kapasitas Pengeringan

Berdasarkan rancangan desain *Fluidized Bed* tersebut, ditargetkan alat mampu mengeringkan bahan sebanyak 8 kg. Akan tetapi hasil percobaan di lapangan menunjukkan hasil yang berbeda yaitu alat hanya mampu mengeringkan bahan sebanyak 4 kg. Hal ini diduga disebabkan karena kecepatan aliran udara yang dimiliki *Exhaust Fan* terlalu rendah sehingga tidak mampu mengangkat hamparan bahan yang ada di ruang pengering dan prinsip fluidisasi tidak dapat terjadi.

Berdasarkan konstruksi pada bagian plenum, bentuk kerucut terpancung pada plenum diasumsikan dapat memberikan kecepatan aliran udara menjadi lebih tinggi karena pada bagian ujung plenum memiliki luas penampang yang lebih kecil dibandingkan dengan luas penampang *Exhaust Fan*. Berdasarkan Hukum Kekekalan Massa atau persamaan kontinuitas, dapat diketahui bahwa debit aliran fluida dalam pipa sama di sembarang titik. Akan tetapi karena kemampuan *Exhaust Fan* yang rendah mengakibatkan kecepatan aliran udara

yang melewati ruang pengering juga menjadi rendah.

Anonim (2013), menjelaskan bahwa jika kecepatan gas dinaikkan beberapa kali, pengembangan *beds* akan terjadi secara kontinu. Partikel padat akan menjadi sesuatu yang terpisah dari bagian-bagiannya dan mulai saling menabrak dan bergerak berputar. Peningkatan kecepatan yang besar menyebabkan ketidakstabilan dan beberapa gas mulai menerobos *beds* yang kosong dalam bentuk gelembung. Ukuran-ukuran gelembung ini tumbuh dalam ukurannya saat mereka naik dalam kolom. Bersamaan dengan ini, padatan-padatan dalam *beds* mulai bergerak ke atas, ke bawah dan berputar dalam tingkat keacakan yang tinggi.

### Efisiensi Ruang Pengering

Berdasarkan Tabel 2, pada kisaran suhu 40-50 °C, efisiensi tertinggi didapatkan pada pengeringan massa 4 kg, yaitu 92,6% dan yang terkecil didapatkan pada pengeringan massa 1 kg, yaitu 85,37%. Sedangkan pada kisaran suhu 50-60°C, efisiensi ruang pengering tertinggi didapatkan pada pengeringan massa 2 kg, yaitu 94,04% dan efisiensi ruang pengering terendah terdapat pada pengeringan massa 1 kg, yaitu 85,88%.

**Tabel 2.** Efisiensi Ruang Pengering Setiap Massa Pada Kisaran Suhu 40-50°C dan 50-60°C.

Suhu (°C)	Efisiensi (%)			
	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg
40-50	85,37	86,89	87,6	92,6
50-60	85,88	94,04	92,3	92,27

Berdasarkan efisiensi ruang pengering tersebut dapat disimpulkan bahwa efisiensi ruang pengering tersebut tinggi karena efisiensi ruang pengering di atas 80%. Tingginya efisiensi ruang pengering ini berarti energi dari inlet yang ditransfer menuju ruang pengering mengalami kehilangan energi yang rendah. Energi yang sampai di ruang

pengering dimanfaatkan untuk mengeringkan bahan yang dikeringkan dan terdapat pula energi yang tersimpan pada ruang pengering. Energi yang tersimpan tersebut tidak digunakan untuk mengeringkan bahan akan tetapi digunakan untuk mempertahankan suhu ruang pengering pada kisaran yang ditargetkan sehingga suhu ruang pengering tidak mengalami penurunan yang drastis.

## KESIMPULAN & SARAN

### Kesimpulan

1. Peningkatan dimensi alat pengering *Fluidized Bed* dirancang dengan diameter 40 cm dan tinggi 200 cm dengan luas penampang sebesar 0,1256 m<sup>2</sup> dan volume total ruang pengering adalah 0,2512 m<sup>3</sup>.
2. Kecepatan aliran udara yang berdasarkan spesifikasi blower adalah 14,57 m/s akan tetapi *Blower* hanya mampu mengalirkan udara 3 m/s yang melewati ruang pengering.
3. Suhu yang sampai ke ruang pengering dapat ditentukan dengan cara mengatur kombinasi bahan bakar yang digunakan dan melakukan penambahan bahan bakar secara berkala untuk menjaga kondisi suhu tetap pada kisaran yang diinginkan.
4. Sebaran suhu pada *Fluidized Bed* sebelum dan setelah *Scale Up* memiliki kemiripan yaitu berkisar antara 40-50°C pada kombinasi bahan bakar 1:1.5 kg dan bisa ditingkatkan dengan menambah jumlah bahan bakar yang digunakan.
5. Kapasitas bahan yang dapat dikeringkan dengan *Fluidized Bed* ini ditargetkan mencapai 8 kg akan tetapi secara aktual hanya mencapai 4 kg.
6. Efisiensi ruang pengering untuk setiap massa dan masing-masing perlakuan suhu memiliki efisiensi yang tinggi yaitu lebih dari 80%.

### Saran

Untuk meningkatkan kapasitas bahan yang dapat dikeringkan pada *Fluidized Bed*, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut pada *Blower* untuk mendapatkan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *E-learning Mata Kuliah Teknik Pengolahan Pangan. BAB VIII. Pengeringan Bahan Pangan.* <http://web.ipb.ac.id/tepfteta/elearning/teknik%20pengolahan%20pangan%bab8.php>. (Diakses pada: 8 November 2016).
- Ardani, R.K., R.N. Pradana, T. Nurtono, S. Winardi. 2013. *Review Pengaruh Hidrodinamika pada Fluidized Bed Dryer.* Jurnal Teknik Pomits, vol. 2, No. 1, p. 2.
- Hendri. 2015. *Prilaku Pengeringan Jagung menggunakan Pengering Fluidized Bed.* Skripsi. Universitas Mataram.
- Tanggasari, Devi. 2014. *Sifat Teknik dan Karakteristik Pengeringan Biji Jagung (Zea mays L.) pada Alat Pengering Fluidized Beds.* Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram, NTB.
- Taufiq, M. 2014. *Pengaruh Temperatur Terhadap Pengeringan Jagung pada Pengeringan Konvensional.* Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret.